



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

99830023.0

Der Präsident des Europäischen Patentamts:  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN

DEN HAAG, DEN  
THE HAGUE, 22/09/99  
LA HAYE, LE



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung  
Sheet 2 of the certificate  
Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.:  
Demande n°: 99830023.0

Anmeldetag:  
Date of filing:  
Date de dépôt: 25/01/99

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
STMicroelectronics S.r.l.  
20041 Agrate Brianza (Milano)  
ITALY

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:  
Electronic semiconductor power device with integrated diode

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:	Tag:	Aktenzeichen:
State:	Date:	File no.
Pays:	Date:	Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:  
H01L29/739, H01L29/10, H01L27/06

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:  
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:

The title of the application in Italian reads as follows:  
Dispositivo elettronico di potenza a semiconduttore con diodo integrato

**DESCRIZIONE**

La presente invenzione si riferisce ad un dispositivo elettronico a semiconduttore avente la struttura definita nel preambolo della rivendicazione 1.

Un noto dispositivo elettronico avente tale struttura è un transistore del tipo denominato IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor). I dispositivi IGBT sono componenti utilizzati in applicazioni di potenza in alternativa ai transistori bipolari a giunzione (BJT) o ai transistori a effetto di campo di potenza, come i transistori a conduzione verticale, noti come transistori VDMOS (Vertical Double diffused Metal Oxide Semiconductor). Essi sono a volte preferiti ai BJT e ai transistori VDMOS perché, a parità di prestazioni elettriche, hanno dimensioni minori. In alcune applicazioni, tuttavia, i transistori VDMOS restano più vantaggiosi dei dispositivi IGBT perché contengono, come componente intrinseco alla loro struttura, un diodo in inversa tra drain e source. Un'applicazione tipica in cui si sfrutta queste caratteristiche dei VDMOS è quella in cui il dispositivo di potenza è utilizzato come interruttore elettronico in una configurazione circuitale a ponte o a semiponte. In questa

configurazione il diodo permette il passaggio della corrente quando il dispositivo di potenza è polarizzato in senso di conduzione inversa. Se si vuole utilizzare un IGBT come interruttore elettronico in questa configurazione circuitale occorre collegare tra i suoi terminali di emettitore e collettore un diodo discreto. Ciò comporta maggiore complessità costruttiva e maggiori dimensioni del dispositivo nel suo complesso.

E' stato proposto di modificare un IGBT in modo da sfruttare come diodo in inversa una struttura normalmente presente in un tale dispositivo. Un IGBT così modificato è descritto nel seguito in relazione alla figura 1.

La figura 1 mostra in sezione una porzione di bordo di una piastrina 9 di materiale semiconduttore, per esempio silicio monocristallino. La piastrina 9 comprende un substrato 10 drogato con impurità di tipo P in concentrazione relativamente elevata, e perciò indicato con P+, uno strato epitassiale 11 drogato con impurità di tipo N in concentrazione relativamente bassa, e perciò indicato con N-, e uno strato "buffer" N+ 12 tra il substrato 10 e lo strato epitassiale 11. (Lo strato buffer può anche mancare in certi tipi di IGBT.) Una regione diffusa 13 di

tipo P si estende dalla superficie frontale della piastrina 9 nello strato epitassiale 11 ed è formata da una parte superficiale 13' a bassa concentrazione (P-) e una parte profonda 13" ad alta concentrazione (P+). Un'altra regione di tipo P indicata con 14, formata anch'essa da una parte 14' a bassa concentrazione e da una parte 14" ad alta concentrazione, è conformata in modo da circondare la regione 13. Regioni 15 di tipo N ad alta concentrazione sono formate nelle regioni 13 e 14. Strisce di materiale elettroconduttivo, per esempio silicio policristallino drogato, indicate con 16, separate dalla superficie frontale della piastrina da un sottile strato di materiale dielettrico, per esempio biossido di silicio, sovrastano le zone superficiali delle regioni 13' e 14' comprese tra le regioni 15 e lo strato epitassiale 11. Le strisce 16 sono unite tra loro (in modo non visibile nel disegno) in una struttura che comprende anche una porzione di contatto 16'. Un elettrodo metallico 17 in contatto con la superficie di fondo della piastrina, cioè con la superficie libera del substrato 10, costituisce l'elettrodo di collettore C del transistor. Un elettrodo metallico 18 in contatto, sulla superficie frontale, con le regioni

P+ 13 e 14 e con le regioni N+ 15, ma isolato dalle strisce 16 da strati di materiale dielettrico 19, per esempio biossido di silicio, costituisce l'elettrodo di emettitore E dell'IGBT. Un elettrodo metallico 20 in contatto con la porzione di contatto 16' costituisce l'elettrodo di gate dell'IGBT. Si noti che, al posto di un unico elettrodo 18 in contatto con le regioni 13 e 14, potrebbero esserne previsti due distinti, in contatto, rispettivamente, con la regione 13 e con la regione 14, ma collegati elettricamente l'uno all'altro con un apposito elemento di connessione. Un ulteriore elettrodo metallico 21 costituisce un contatto ohmico con lo strato epitassiale 11 attraverso una regione superficiale diffusa di tipo N ad alta concentrazione, indicata con 22, ed è conformato come una cornice che si estende in prossimità del bordo della piastrina. Tale elettrodo è anche collegato, con un conduttore esterno alla piastrina 9, all'elettrodo 17 di collettore dell'IGBT.

La figura 2 mostra in pianta, non in scala, la piastrina 9 fissata ad un supporto metallico 23 e collegata elettricamente a tre terminali del dispositivo. Più particolarmente, uno dei tre terminali, indicato con 24, è saldato al supporto

metallico 23, l'elettrodo 17 di collettore è saldato al supporto metallico 23 ed è perciò collegato elettricamente al terminale 24, l'elettrodo di emettitore 18 e quello di gate 20 sono collegati con rispettivi fili metallici agli altri due terminali 25 e 26 e l'elettrodo 21 è collegato con un filo al terminale 24.

Nel funzionamento, quando sul collettore è applicato un potenziale positivo rispetto a quello dell'emettitore e l'elettrodo di gate è polarizzato, rispetto all'elettrodo di emettitore, ad un potenziale superiore al livello di soglia di conduzione, una corrente fluisce dall'emettitore al collettore, come è indicato con frecce nella figura. Quando invece l'elettrodo di gate è polarizzato ad un potenziale inferiore al livello di soglia di conduzione, non passa corrente tra l'emettitore e il collettore e il dispositivo si comporta perciò come un interruttore aperto. La massima tensione applicabile tra collettore ed emettitore è condizionata dalla tensione di breakdown delle giunzioni che le regioni 13 e 14 formano con lo strato epitassiale 11. La regione 14 circonda come una cornice tutta la regione attiva del dispositivo e, grazie alla sua parte superficiale 14' a bassa

concentrazione che si estende lateralmente verso il bordo della piastrina, consente di ottenere una tensione di breakdown prossima a quella teorica, per il noto effetto di riduzione dell'addensamento delle linee di campo in superficie. L'elettrodo 21, che normalmente non è collegato all'elettrodo di collettore, serve per mantenere allo stesso potenziale tutta la zona di bordo della piastrina ed è perciò denominato usualmente anello equipotenziale, o EQR (equipotential ring). Esso ha l'effetto di mantenere un valore della tensione di breakdown uniforme per tutta la piastrina. L'insieme della regione 14 e dell'elettrodo 21 si suole chiamare struttura di bordo o di terminazione.

Grazie al collegamento dell'elettrodo 21 al collettore C, quando l'IGBT è polarizzato in senso inverso, cioè quando il collettore si trova ad un potenziale negativo rispetto all'emettitore, il diodo formato dalla giunzione pn tra la regione 14 e lo strato epitassiale 11, cioè tra l'elettrodo di emettitore e l'elettrodo 21, indicato con D nella figura 1, è in conduzione. L'IGBT può essere utilizzato perciò in un ponte o in un semiponte nelle applicazioni sopra descritte.

Si è constatato, tuttavia, che il diodo così



ottenuto presenta una elevata resistenza in conduzione diretta, per cui la caduta di tensione ai suoi terminali è alta anche per correnti relativamente basse, per esempio è di oltre 5V per una corrente di 0.4A, quando sarebbe auspicabile una caduta di circa 2V come quella dell'IGBT in conduzione diretta. D'altra parte, le caratteristiche del diodo non possono essere migliorate oltre un certo limite perché dipendono da parametri che non possono essere modificati senza alterare le caratteristiche dell'IGBT, come il perimetro della regione di terminazione 14, la distanza tra l'elettrodo EQR 21 e la parte P+ 14" della regione 14 e la larghezza della regione P- 14'.

Lo scopo principale dell'invenzione è di realizzare un dispositivo elettronico del tipo sopra descritto che presenti un diodo integrato con caratteristiche migliori di quelle del diodo integrato secondo la tecnica nota.

Tale scopo viene conseguito realizzando il dispositivo definito e caratterizzato in generale nella prima rivendicazione.

L'invenzione sarà meglio compresa dalla seguente descrizione dettagliata di alcune sue forme d'esecuzione fatta in relazione agli uniti disegni,

in cui:

- la figura 1 è una sezione di una porzione di una piastrina di materiale semiconduttore contenente un dispositivo noto,

- la figura 2 mostra in pianta, non in scala, la piastrina della figura 1 montata su una struttura di supporto,

- la figura 3 è una sezione di una porzione di una piastrina di materiale semiconduttore contenente un dispositivo secondo l'invenzione,

- la figura 4 mostra in pianta, non in scala, la piastrina della figura 3 montata su una struttura di supporto,

- la figura 5 mostra uno schema circuitale equivalente del dispositivo secondo l'invenzione rappresentato nelle figure 3 e 4,

- la figura 6 è una sezione di una porzione di una piastrina di materiale semiconduttore che mostra una variante del dispositivo secondo l'invenzione,

- le figure 7 e 8 mostrano, rispettivamente in sezione e in pianta, un dispositivo secondo un'altra forma d'esecuzione dell'invenzione e

- la figura 9 è una sezione di una porzione di una piastrina di materiale semiconduttore contenente un dispositivo secondo un'ulteriore forma

d'esecuzione dell'invenzione.

Il dispositivo illustrato nelle figure 3 e 4, nelle quali elementi uguali a quelli della struttura delle figure 1 e 2 sono indicati con gli stessi numeri di riferimento, si differenzia da quello noto per il fatto che la struttura di terminazione comprende, tra la regione di terminazione 14 e l'elettrodo EQR 21, un ulteriore elettrodo 30 in contatto ohmico con lo strato epitassiale 11 attraverso una regione 31 diffusa di tipo N ad alta concentrazione e un'ulteriore regione di terminazione 32 di tipo P, formata da una parte superficiale 32' a bassa concentrazione e da una parte profonda 32" ad alta concentrazione e avente un elettrodo di contatto superficiale 33.

Come si vede in pianta nella figura 4, l'elettrodo 30 circonda come una cornice la parte attiva del dispositivo comprendente la regione 13 ed eventuali altre regioni di tipo P uguali alla regione 13. La seconda regione di terminazione 32 è conformata anch'essa come una cornice che circonda l'elettrodo 30. Gli elettrodi 18 e 33 sono collegati, ciascuno tramite un filo metallico, al terminale di emettitore 25 del dispositivo e gli elettrodi 21 e 30 sono collegati, ciascuno tramite un filo metallico,

al terminale di collettore 24 del dispositivo.

Preferibilmente, le regioni 13, 14 e 32 vengono formate contemporaneamente con le stesse operazioni di fototecnica, di impiantazione e di diffusione. Lo stesso vale per le regioni N+ 22 e 31. Pertanto, la struttura perfezionata secondo le figure 3 e 4 si ottiene senza alcuna operazione supplementare.

Come è mostrato nella figura 3 e nella figura 5, la nuova struttura di terminazione comprende tre diodi D1, D2, D3 collegati elettricamente tra i terminali di emettitore e di collettore dell'IGBT in parallelo tra loro e in senso di conduzione opposto a quello dell'IGBT. Ciascuno dei tre diodi ha caratteristiche elettriche sostanzialmente equivalenti a quelle del diodo D secondo la tecnica nota poiché, a parità di distanza dei contatti N+ di catodo dalla regione P+ di anodo, la corrente del diodo in diretta dipende dal perimetro delle regioni che ne formano la giunzione. Pertanto, la corrente complessiva dei tre diodi in diretta è tre volte maggiore di quella del diodo secondo la struttura nota.

Secondo una variante dell'invenzione rappresentata nella figura 6, dove elementi uguali o equivalenti a quelli della figura 3 sono indicati con

gli stessi numeri di riferimento, le parti superficiali a bassa concentrazione 14' e 32' delle due regioni di terminazione 14 e 32 sono unite in un'unica regione e la regione diffusa 31 di tipo N ad alta concentrazione si estende in tale unica regione. Questa variante è particolarmente vantaggiosa nel caso in cui l'elemento metallico 18 che è in contatto superficiale con le regioni 13 e 14 è interdigitato con l'elettrodo 30. In questo modo il perimetro delle regioni che formano il diodo in inversa può essere reso grande quanto necessario scegliendo opportunamente il numero delle dita della struttura interdigitata, senza pregiudicare le prestazioni dell'IGBT per quanto riguarda la tensione di breakdown. Una struttura di questo tipo è rappresentata, rispettivamente in sezione e in pianta, nelle figure 7 e 8, dove elementi uguali o equivalenti a quelli delle figure 3, 4 e 6 sono indicati con gli stessi numeri di riferimento.

L'invenzione può essere messa in pratica con vantaggio in tutti i tipi di IGBT da utilizzare in configurazioni circuitali in cui è necessario un diodo in inversa. Quando l'IGBT deve essere utilizzato come interruttore ad alta frequenza è noto l'accorgimento di impiantare e diffondere

uniformemente nella piastrina specie droganti, come platino o protoni, capaci di ridurre il tempo di vita dei portatori di carica. Questo accorgimento, tuttavia, ha un effetto negativo sul diodo, in quanto riduce l'efficienza di iniezione di cariche. Per evitare questo effetto negativo, secondo una forma d'esecuzione dell'invenzione rappresentata nella figura 9, viene formato uno strato sepolto 38 nel quale vengono localizzate le specie droganti capaci di ridurre il tempo di vita dei portatori. Nella struttura rappresentata, uguale a quella della figura 3, tranne che per la presenza dello strato sepolto, vengono impiantati atomi, per esempio, di elio prima o dopo la fase di crescita epitassiale dello strato 11. Lo strato sepolto 38 si forma al di sopra dello strato "buffer" N+ 12. Nei casi in cui lo strato buffer non sia previsto, l'impiantazione avviene sulla superficie del substrato 10 prima della fase di crescita epitassiale.

Nel funzionamento, lo strato sepolto 38 esplica la sua azione di miglioramento delle prestazioni ad alta frequenza dell'IGBT riducendone il tempo di spegnimento, ma non ha alcun effetto sulle prestazioni del diodo in diretta, poiché la corrente di conduzione in diretta del diodo è quasi

esclusivamente di tipo laterale, cioè scorre parallelamente alla superficie della piastrina e in prossimità di questa.

Da quanto sopra esposto è chiaro che lo scopo dell'invenzione viene pienamente raggiunto, in quanto il dispositivo elettronico contiene un diodo integrato con caratteristiche elettriche nettamente migliori di quelle del diodo integrato noto. In particolare, si ottiene una caduta di tensione sul diodo in diretta molto prossima a quella dell'IGBT in conduzione, sostanzialmente per qualsiasi corrente di funzionamento del dispositivo.

Per quanto l'invenzione sia stata illustrata e descritta con riferimento ad un IGBT, formato su un substrato P+, s'intende che essa può essere messa in pratica anche su un substrato N+; naturalmente, in questo caso, anche il tipo di conduttività di tutti gli strati e di tutte le regioni sarebbe complementare. S'intende, inoltre, che essa può essere messa in pratica con vantaggio anche in dispositivi di tipo diverso degli IGBT, per esempio in transistori bipolari a giunzione di potenza da utilizzare come interruttori elettronici in configurazioni a ponte o a semiponte.

**RIVENDICAZIONI**

1. Dispositivo elettronico formato su una piastrina di materiale semiconduttore (9) comprendente:

- un substrato (10) di un primo tipo di conduttività (P+), una cui superficie è la superficie di fondo della piastrina,
- uno strato (11) di un secondo tipo di conduttività (N+, N-) formato sul substrato e avente una superficie che è la superficie frontale della piastrina,
- almeno una prima regione (13) del primo tipo di conduttività (P+) che si estende nello strato (11) dalla superficie frontale,
- una struttura di terminazione comprendente:
  - . una prima regione di terminazione (14) del primo tipo di conduttività (P+, P) che si estende nello strato dalla superficie frontale ed è conformata in modo da circondare la prima regione (13), o le prime regioni,
  - . un primo elettrodo (18) in contatto con la prima regione di terminazione (14),
  - . un secondo elettrodo (21), in contatto con lo strato (11) sulla superficie frontale, conformato come una cornice prossima al bordo della piastrina,
- un terzo elettrodo (17), in contatto con la



superficie di fondo della piastrina, collegato elettricamente al secondo elettrodo (21),

- un quarto elettrodo (18) in contatto con la prima regione (13), o con le prime regioni, e collegato elettricamente al primo elettrodo (18),

caratterizzato dal fatto che la struttura di terminazione comprende anche:

. un quinto elettrodo (30), in contatto con lo strato (11) sulla superficie frontale lungo un tracciato che si sviluppa in modo sostanzialmente parallelo ad almeno parte del bordo della prima regione di terminazione (14), collegato elettricamente al secondo elettrodo (21),

. una seconda regione di terminazione (32) del primo tipo di conduttività (P), che si estende nello strato (11) dalla superficie frontale, conformata come una cornice che circonda il quinto elettrodo (30) e

. un sesto elettrodo (33), in contatto con la seconda regione di terminazione (32), collegato elettricamente al primo elettrodo (18).

2. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, in cui la prima (14) e la seconda (32) regione di terminazione comprendono ciascuna una parte superficiale (14', 32') a bassa concentrazione e una

parte profonda (14", 32") ad alta concentrazione.

3. Dispositivo secondo la rivendicazione 2, in cui le parti superficiali a bassa concentrazione (14', 32') della prima (14) e della seconda (32) regione di terminazione sono unite in un'unica regione, in cui la struttura di terminazione comprende una regione del secondo tipo di conduttività ad alta concentrazione (N+) che si estende nelle parti superficiali (14', 32') in comune della prima (14) e della seconda (32) regione di terminazione a partire dalla porzione della superficie frontale della piastrina con cui il quinto elettrodo (30) è in contatto.

4. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il primo e il quarto elettrodo sono costituiti da un unico elemento metallico (18).

5. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il tracciato lungo il quale si sviluppa il quinto elettrodo (30) è conformato come una cornice che racchiude la prima regione (13), o le prime regioni.

6. Dispositivo secondo la rivendicazione 4, in cui l'elemento metallico (18) e il quinto elettrodo (30) sono interdigitati.

7. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la piastrina di materiale semiconduttore (9) comprende uno strato sepolto (38) contenente specie droganti che riducono il tempo di vita dei portatori di cariche.

8. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, in cui le specie droganti comprendono atomi di elio.

"DISPOSITIVO ELETTRONICO DI POTENZA A SEMICONDUTTORE CON DIODO INTEGRATO"

RIASSUNTO

Il dispositivo, un IGBT, è formato su una piastrina (9) di silicio costituita da un substrato (10) di tipo P con uno strato epitassiale (11) di tipo N che contiene una prima regione (13) di tipo P e una struttura di terminazione. Quest'ultima comprende una prima regione di terminazione (14) di tipo P che circonda la prima regione (13), un primo elettrodo (18) in contatto con la prima regione di terminazione (14) e un secondo elettrodo (21) conformato come una cornice prossima al bordo della piastrina e collegato a un terzo elettrodo (17) in contatto col fondo della piastrina. Un quarto elettrodo in un sol pezzo col primo elettrodo (18) è in contatto con la prima regione (13). Per ottenere un diodo integrato con buone caratteristiche elettriche collegato in inversa tra i terminali di potenza dell'IGBT, la struttura di terminazione comprende anche un quinto elettrodo (30), in contatto con lo strato epitassiale (11) lungo un tracciato parallelo al bordo della prima regione di terminazione (14), collegato al secondo elettrodo (21), una seconda regione di terminazione (32) di tipo P che circonda il quinto elettrodo (30) e un sesto elettrodo (33), in contatto con la seconda regione di terminazione (32), collegato al primo elettrodo (18).

(Fig. 3)







